

## Aufgabe 1)

- a) Die Vorteile einer zweidimensionalen Paritätsprüfung gegenüber der einfachen, bestehen im wesentlichen darin, dass damit Fehler viel reliabler erkannt werden können. Bei einfacher Paritätsprüfung können nur 1 Bit-Fehler erkannt werden, bei mehr als 1 Bit-Fehlern (z.B. burst-Fehler) sinkt die Wahrscheinlichkeit der Erkennung auf 50%, was nicht sicher genug ist.

- b) Bitmuster

- i) **Zweidimensionale, gerade Parität:**

A = 0101 1010  
          01010  
→ A<sub>par</sub> =   10100  
          11110

B = 1100 1100  
          11000  
→ B<sub>par</sub> =   11000  
          00000

- ii) **CRC mit Generatorpolynom  $x^3 + 1 = 1001$ :**

A = 01011010, Erweiterung um 3 (Grad des Generatorpolynoms) 0-Bits:

```
01011010000 = 01010000
0000
-----
1011
1001
-----
0100
0000
-----
1001
1001
-----
0000
0000
-----
0000
0000
-----
0000
0000
-----
0000
0000
-----
0000
000
→ Am Originalframe anhängen
```

→ A<sub>crc</sub> = 01011010000

B = 11001100, Erweiterung um 3 0-Bits:

$$11001100000 = 1101011$$

$$\begin{array}{r}
 1001 \\
 \underline{1011} \\
 1001 \\
 \underline{0101} \\
 0000 \\
 \underline{1010} \\
 1001 \\
 \underline{0110} \\
 0000 \\
 \underline{1100} \\
 1001 \\
 \underline{1010} \\
 1001 \\
 \underline{0110} \\
 0000 \\
 \underline{110}
 \end{array}
 \rightarrow \text{Am Originalframe anhängen}$$

$$\rightarrow B_{\text{crc}} = 11001100110$$

c) Erkennung der Fehler:

i)  $A_{\text{crc}}$  mit Fehler: 00011010000

Der Empfänger teilt die Nachricht durch das Generatorpolynom, also 1001:

$$00011010000 = 0001000$$

$$\begin{array}{r}
 0000 \\
 \underline{0011} \\
 0000 \\
 \underline{0110} \\
 0000 \\
 \underline{1101} \\
 1001 \\
 \underline{1000} \\
 1001 \\
 \underline{0010} \\
 0000 \\
 \underline{0100} \\
 0000 \\
 \underline{1000} \\
 1001 \\
 \underline{001}
 \end{array}
 \rightarrow \text{Rest} \neq 0, \text{ also ist ein Fehler aufgetreten}$$

ii)  $B_{\text{par}}$  mit Fehler: 10000 11000 00000, als Matrix aufgestellt:

$$\begin{array}{r}
 10000 \\
 B_{\text{par}} = 11000 \\
 00000
 \end{array}$$

Bei Gerader Parität sind die in Fett markierten Prüfbits falsch gesetzt, also ist ein Fehler aufgetreten.

## Aufgabe 2)

- a) Maximale Übertragungsrate:

$$B = 10\text{kHz}$$

$$\text{Signal-Rausch Verhältnis} = 20\text{dB}$$

$$\text{d.h. } 10 \cdot \log_{10}(S/N) = 20\text{dB}$$

$$\rightarrow \log_{10}(S/N) = 2\text{dB} \rightarrow S/N = 10^2 = 100$$

Nach Shannon gilt:

$$C_{\text{sh}} = B \cdot \log_2(1 + S/N) \text{ [bit/s]} = 10000\text{Hz} \cdot \log_2(100+1) \text{ bit/s} = 66582,11 \text{ bit/s} \\ = \mathbf{66,6 \text{ kbit/s}}$$

- b) Übertragungsrate

Um korrekt digitalisiert zu werden, gilt nach dem Abtasttheorem, dass man mindestens mit der doppelten Bandbreite das analoge Signal abtasten muss

$$\rightarrow \text{Abtastfrequenz} = 44\text{kHz}$$

Pro Sekunde also 44000 Abtastungen, pro Abtastung 16 bit, ergibt einen Datenstrom von  $704000 \text{ bit/s} = \mathbf{704 \text{ kBit/s} = 88 \text{ kByte/s}}$

- c) Sprachkanäle

Eine Telefonleitung braucht:

$$8 \text{ Bit Abtastung und } 2 \cdot 4\text{kHz Abtastfrequenz, macht also } 8 \text{ Bit} \cdot 8000 \text{ 1/s} = 64\text{kBit/s}$$

Fast Ethernet läuft mit  $100\text{MBit/s}$ , also können  $100000/64 = \mathbf{1562,5 \text{ Gespräche}}$  gleichzeitig übertragen werden.

## Aufgabe 3)

- a) QAM-16

Mit QAM-16 können 16 verschiedene Zustände erkannt werden.

Da  $2^4 = 16$  ist, können durch ein einziges Symbol genau **4 Bits** dargestellt werden, da es nur 16 verschiedene 4-Bit-Muster gibt.

- b) QAM-256 bei 1200 Baud

QAM-256 erkennt  $256 (= 2^8)$  verschiedene Symbole, d.h. jedes Symbol steht für 8 Bits.

Bei 1200 Baud können 1200 Symbole pro Sekunde gesendet werden, was bei QAM-256 einen Durchsatz von  $8 \text{ Bit} \cdot 1200 \text{ 1/s} = 9600 \text{ Bit/s} = \mathbf{9,6\text{kBit/s}}$